

В.А. Табунщик¹

ГЛУБИНА РАСЧЛЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

АННОТАЦИЯ

Крымский полуостров является уникальной природной территорией, где сочетаются горный и равнинный рельеф. Однако характеристика рельефа Крымского полуострова в большинстве случаев ограничивается лишь качественной оценкой. В статье предпринята попытка количественной оценки рельефа Крымского полуострова путём построения карты глубины расчленения этого рельефа. В работе рассматривается методика построения таких карт с использованием современных методов геоинформатики и открытых геоданных — цифровой модели рельефа Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM). На основании этой методики для территории Крымского полуострова построена карта глубины расчленения рельефа. Значения показателя глубины расчленения рельефа Крымского полуострова колеблется от 0 до 790 м на км². Среднее значение показателя составляет 46 м на км². Территориально показатель глубины расчленения рельефа распределён неравномерно. В целом на территории Крымского полуострова преобладают отметки глубины расчленения рельефа до 50 м на км² (80 % от общей площади), что связано с тем, что большая часть полуострова имеет равнинный рельеф. Наибольшие значения показателя глубины расчленения рельефа характерны для юго-западной части территории Крымского полуострова, где наблюдаются наибольшие перепады высот между яйлами (Ай-Петринская, Ялтинская, Гурзуфская, Никитская, Бабуган-яйла) и склонами, круто спускающимися к южному берегу Крыма. Дополнительно проанализировано распределение показателя глубины расчленения рельефа для гидроморфного, плакорного, низкогорного и среднегорного ландшафтных уровней на территории Крымского полуострова: определены минимальные, максимальные и средние значения показателей глубины и густоты расчленения рельефа, а также диапазоны значений показателей в пределах каждого ландшафтного уровня.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Крымский полуостров, рельеф, глубина расчленения рельефа, ландшафт

Vladimir A. Tabunshchik²

DEPTH OF THE RELIEF DISSECTION ON THE TERRITORY OF THE CRIMEAN PENINSULA

ABSTRACT

The Crimean Peninsula is a unique natural area that combines both mountain and flat terrain. However, the characteristics of the relief of the Crimean Peninsula in most cases are limited only to a qualitative assessment. In the article, the relief of the Crimean Peninsula is measured and a map of depth of the relief dissection of the Crimean Peninsula is constructed. Methods of constructing such maps using modern methods of geoinformatics and open geodata — digital terrain model Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) are discussed. On the basis of the methodology

¹ ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Научно-исследовательский центр геоматики, Просп. Нахимова, д. 2, 299011, Севастополь, Россия; *e-mail*: tabunshchyk@ya.ru

² A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (IBSS), Geomatics Research Center, Nakhimov Ave, 2, 199034, Sevastopol, Russia; *e-mail*: tabunshchyk@ya.ru

for the territory of the Crimean Peninsula, a map of depth of the relief dissection is constructed. The values of the indicator of depth of the relief dissection of the Crimean Peninsula range from 0 to 790 m per km². Average value of the depth of the relief dissection of the Crimean Peninsula is 46 m per km². Geographically, the indicator of the depth of the relief dissection of the Crimean Peninsula is distributed irregularly. On the territory of the Crimean Peninsula, value the depth of the relief dissection are 50 m per km² (80 % of the total area) prevail, which is due to the fact that most of the peninsula has a flat terrain. The highest indicator values of the depth of the relief dissection is typical for the southwestern part of the Crimean Peninsula, where there are the greatest differences in elevation between yailas (Ai-Petri yaila, Yalta yaila, Gurzuf yaila, Nikita yaila, Babugan-Yaila) and slopes steeply down to the southern coast of Crimea. In addition, the distribution of the terrain depth index for landscape levels on the territory of the Crimean Peninsula was analyzed: the minimum, maximum, and average values of the of the depth of the relief dissection of the Crimean Peninsula and landscape level of the Crimean Peninsula were determined.

KEYWORDS: the Crimean Peninsula, relief, depth of the relief dissection, landscape

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы изучения морфометрических показателей рельефа, таких как густота и глубина расчленения, интересуют учёных с давних пор. Глубина и густота расчленения рельефа оказывают огромное влияние на развитие эрозионных форм рельефа, сельскохозяйственную деятельность, туризм и рекреацию и пр. На современном этапе представляется возможным значительно упростить расчёт показателей густоты расчленения рельефа, используя последние достижения геоинформатики. Теоретические аспекты изучения показателя глубины расчленения (вертикального расчленения) рельефа заложены в работах [Волков, 1950; Спиридонов, 1970; Пириев, 1983; Анисимов, 1999; Погорелов, Думит, 2009; Florinsky, 2016]. Практические аспекты расчётов показателя глубины расчленения рельефа мы находим в работах многих авторов. А.Н. Мунтян [2015] исследовал горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа в пределах Приднестровья; М.М. Мехбадиев [2015] — глубину расчленения рельефа Большого Кавказа в пределах Азербайджана; В.В. Братков с соавторами [2011], З.В. Атаев и В.В. Братков [2012] — густоту эрозионного расчленения Северо-Восточного Кавказа; Д.В. Курлович [2013] — горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа Белоруссии; Г.А. Орехова и Л.Л. Новых [2017] — расчленение рельефа в пределах бассейнов рек Северский Донец и Ворскла; В.Ф. Лысова [2012] — расчленение рельефа в пределах бассейна реки Малой Визинги; Г.А. Халилов и С.Н. Абушова [2014] — горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа в пределах Приднестровья; Ю.О. Антищева и Ж.А. Думит [2009] — расчленение рельефа в пределах Лагонакского нагорья (Северо-Западный Кавказ).

На территории Крымского полуострова некоторыми исследователями были проведены исследования по картированию глубины и густоты расчленения рельефа для отдельных частей Крымского полуострова — Тарханкутского полуострова [Михайлов, 2015], центрального предгорья Главной гряды Крымских гор [Позаченюк, Петлюкова, 2016], юго-восточной части Крымского полуострова [Клюкин, 2007], причём в последней работе расчёты производились вручную, а в работах [Михайлов, 2015; Позаченюк, Петлюкова, 2016] — с помощью геоинформационных систем. Однако на данный момент отсутствуют карты глубины и густоты вертикального расчленения рельефа, покрывающие всю территорию Крымского полуострова.

Цель данной работы — построить карту глубины расчленения рельефа, провести анализ и определить влияние фактора «Глубина расчленения рельефа, м» на формирование ландшафтной структуры на территории Крымского полуострова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основой исследования послужили открытые наборы геоданных — Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), которые используются многими исследователями в качестве альтернативы топографическим картам. Суть методики исследования [Курлович, 2013; Михайлов, 2015; Позаченюк, Петлюкова, 2016 и др.] сводится к построению сетки квадратов, покрывающей всю территорию Крымского полуострова, где каждая ячейка сетки выступает в роли операционной территориальной единицы и несёт с себе информацию о глубине (разность максимальной и минимальной высот) расчленения рельефа. Весь объём работ выполняется в геоинформационной системе ArcGIS или ей подобных (QGIS, SAGA и пр.). Для расчёта показателя глубины расчленения рельефа в пределах каждой ячейки определяется разность максимальной и минимальной высот, полученные значения извлекаются в точки, и на их основании производится интерполяция. Применительно к программному комплексу ArcGIS методика состоит в выполнении друг за другом следующих шагов [Курлович, 2013; Михайлов, 2015; Позаченюк, Петлюкова, 2016 и др.]:

- цифровая модель рельефа SRTM для территории Крымского полуострова загружается в программный комплекс ArcGIS;
- с помощью инструмента «Построить сетку» («Create Fishnet») из группы инструментов «Создание образцов» («Sampling») набора инструментов «Управление данными» («Data Management») на исследуемой территории строится сетка квадратов заданного размера;
- с помощью инструмента «Объект в полигон» («Feature To Polygon») из группы инструментов «Пространственные объекты» («Features») набора инструментов «Управление данными» («Data Management») сетка квадратов преобразуется в полигональную сетку;
- с помощью инструмента «Зональная статистика» («Zonal Statistics») из группы инструментов «Зональные» («Zonal») набора инструментов «Spatial Analyst» определяется максимальное значение высоты местности в пределах каждого квадрата;
- с помощью инструмента «Зональная статистика» («Zonal Statistics») из группы инструментов «Зональные» («Zonal») набора инструментов «Spatial Analyst» определяется минимальное значение высоты местности в пределах каждого квадрата;
- с помощью инструмента «Вычесть» («Minus») из группы инструментов «Математические» («Math») набора инструментов «Spatial Analyst» определяется разность между максимальным и минимальным значением высоты в пределах каждого квадрата;
- с помощью инструмента «Растр в точки» («Raster to Point») из группы инструментов «Из растра» («From Raster») набора инструментов «Конвертация» («Conversion») значения разности высот в пределах квадрата извлекаются в точки;
- с помощью группы инструментов «Интерполяция» («Interpolation») набора инструментов «Spatial Analyst» на основании точек, отражающих разность высот в пределах квадратов, строится карта глубины расчленения рельефа.

Вначале был произведён подбор сетки квадратов с наиболее оптимальным размером ячейки. В качестве исследуемых сеток квадратов для территории Крымского полуострова были использованы сетки с размером ячейки 20x20, 10x10, 5x5 и 1x1 км. Для каждой был произведён расчёт показателя глубины расчленения рельефа на территории Крымского полуострова. При использовании сеток с ячейками 20x20, 10x10, 5x5 км возникают ошибки, проявляющиеся в том, что для территорий, где отметки высот не превышают 100 м (большая часть равнинного Крыма), значения показателя глубины расчленения рельефа составляют более 100 м, чего просто не может быть; к тому же возникает довольно большая погрешность при подсчётах. Например, если ячейка размером 20x20 км имеет значение глубины расчленения рельефа в 1284 м на км², то 4 вложенные в неё ячейки 10x10 км — 441, 950, 1020 и 1093 м на км², 16 ячеек 5x5 км — значения от 262 до 1020 м на км², 400 ячеек

размером 1x1 км — значения от 70 до 525 м на км². Укрупнение сетки до 0,5x0,5 км не производилось, учитывая большой набор данных, подлежащих анализу (при разбивке территории Крымского полуострова на квадраты размером 20x20 км таких квадратов насчитывалось 64, 10x10 км — 257, 5x5 км — 1 066, 1x1 км — 26 642, 0,5x0,5 км — более 100 000). Использование сетки с ячейкой 1x1 км показало довольно хорошие результаты, позволяющие увидеть перепады высот в пределах куэст Крымских гор и яйлинские водораздельные поверхности. Таким образом, для исследования была выбрана сетка квадратов размером 1x1 км.

Следует учитывать то, что сетка строится по экстену шейп-файла с границами Крымского полуострова, и при смещении границы ячейки на некоторое расстояние на север, юг, запад или восток в её границу могут попасть новые максимальные и минимальные значения, что приведёт к новым фактическим данным. В связи с этим было проанализировано 5 сеток квадратов с размером ячейки 1x1 км — исходная и четыре сетки, где ячейки были смещены по отношению к исходной на 0,5 км к северу, югу, западу и востоку соответственно, и произведён подсчёт глубины расчленения. Так, для случайной ячейки размером 1x1 км, имеющей значение глубины расчленения рельефа 442 м на км², границы были сдвинуты на 0,5 км к северу, югу, западу и востоку при сохранении площади, и получены новые значения в 333, 466, 375 и 412 м на км². При этом изменение значения показателя глубины расчленения рельефа в отдельных ячейках изменялось в 3 и более раза. Для того чтобы понять, влияют ли эти изменения на общую картину или взаимно нивелируются, был произведён статистический анализ полученных выборок. Коэффициент корреляции между полученными значениями исходной и четырёх сдвинутых сеток составил от 0,90 до 0,95, что свидетельствует о высокой степени связанности всех пяти выборок. По всем выборкам среднее значение показателя глубины расчленения рельефа составило 45–46 м на км², стандартная ошибка — 0,5, медиана — 14, мода — 9 (в одной из выборок 8), стандартное отклонение — 74–75, асимметричность — 3 (табл. 1).

Табл. 1. Основные статистические показатели выборки при построении сетки квадратов 1x1 км
Table 1. The main sample statistical indicators when constructing a grid of squares grid 1x1 km

Статистический показатель	Сетка квадратов 1x1 км				
	Исходная	Смещение на 0,5 км к северу	Смещение на 0,5 км к югу	Смещение на 0,5 км к западу	Смещение на 0,5 км к востоку
Среднее	46	45	45	45	46
Стандартная ошибка	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Медиана	14	14	14	14	14
Мода	9	9	8	9	9
Ст. отклонение	74	74	74	75	75
Дисперсия	5515	5518	5525	5572	5569
Эксцесс	12	11	11	11	11
Асимметричность	3	3	3	3	3
Интервал	790	782	782	687	687
Минимум	0	0	0	0	0
Максимум	790	782	782	687	687
Минимум-максимум без учета выбросов	0–84	0–84	0–84	0–84	0–84
Нижний квартиль — верхний квартиль (25–75 %)	9–39	9–39	9–39	9–39	9–39

Выборка не является однородной, данные значительно разбросаны относительно среднего значения. В связи с этим значительные отличия представлены только в определении максимальных (и в то же время экстремальных) значений. Из всех выборок на выбросы приходится примерно 15 % значений выборки. Если в основной выборке максимальные значения показателя глубины расчленения рельефа составляет 790 м на км², то в дополнительное это значение падает до 782 и 687 м на км². Однако, учитывая схожесть всех пяти выборок, в дальнейшем будет производиться только характеристика исходной выборки и построение карты глубины расчленения Крымского полуострова на её основе.

Традиционно ArcGIS предлагает использовать на выбор несколько методов интерполяции данных, таких как «Естественная окрестность», «Крикинг», «Обратно взвешенные расстояния (ОВР)», «Сплайн». Учитывая то, что интерполяция производится на основании точек, соответствующих центрам ячеек 1x1 км, то на выходе получается довольно качественная картина. Однако разные методы интерполяции имеют свои минусы. По умолчанию при интерполяции ArcGIS предлагал уменьшить размер выходной ячейки, что приводило к неточностям в визуализации данных, поэтому размер выходной ячейки прописывался вручную и составлял 1x1 км. Интерполяция производилась по методу «Крикинг», так как все остальные методы при интерполяции давали ошибки при визуализации картографического изображения, проявляющиеся в виде «артефактов» («ОВР», «Естественная окрестность») и отрицательных интерполированных значений («Сплайн»). Однако коэффициент корреляции между значениями по различным методам интерполяции составляет 0,95–0,97, что свидетельствует о сходстве результатов, полученных с помощью различных методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате по описанной выше методике была построена карта глубины расчленения рельефа (рис. 1).

Для Крымского полуострова показатели глубины расчленения рельефа находятся в диапазоне от 0 до 790 м на км², а среднее значение составляет 46 м на км². На диапазон значений от 0 до 5 м на км² приходится 12 % площади Крымского полуострова, от 5 до 10 м на км² — 26 %, от 10 до 25 м на км² — 30 %, от 25 до 50 м на км² — 12 %, от 50 до 100 м на км² — 7 %, от 100 до 250 м на км² — 10 %, от 250 до 500 м на км² — 8 %, более 500 м на км² — менее 1 %. В целом на территории Крымского полуострова преобладают отметки глубины расчленения рельефа до 50 м на км² (80 % от общей площади), что связано с тем, что большая часть полуострова имеет равнинный рельеф со слабыми перепадами высот, т.к. расположена в пределах Скифской эпигерцинской плиты, которая покрыта неогеновыми отложениями. В равнинной части Крыма наибольшие значения глубины расчленения рельефа наблюдаются на западе (Тарханкутский п-ов) и востоке (Керченский п-ов), что связано со сложным геологическим строением Тарханкутского полуострова, в основании которого лежит Тарханкутское поднятие, и Керченского полуострова, в основании которого лежат Киммерийско-альпийский и Индоло-Кубанский прогибы Скифской эпигерцинской плиты и Горно-Крымское складчато-надвиговое сооружение, а наименьшие — на северо-востоке в пределах Северо-Сивашского прогиба, представляющего собой молодую аккумулятивную низменную равнину, сформировавшуюся в условиях очень слабых поднятий и опусканий и освободившуюся от влияния моря в неогене. В пределах Присивашской низменности в районах, тяготеющих к заливу Сиваш, характерны самые минимальные значения глубины расчленения рельефа — до 1–2 м на км².

Наибольшие значения показателя глубины расчленения рельефа характерны для юго-западной части территории Крымского полуострова, где наблюдаются наибольшие перепады высот между яйлами (Ай-Петринская, Ялтинская, Гурзуфская, Никитская, Бабуган-яйла) и склонами, круто спускающимися к южному берегу Крыма. Это участки Крымского полуострова, представляющие собой Горно-Крымское складчато-надвиговое сооружение, сформированные в мезозое и омоложенные альпийским орогенезом. Глубина расчленения рельефа здесь достигает 790 м на км².



Рис. 1. Глубина расчленения рельефа Крымского полуострова
 Fig. 1. Depth of the relief dissection of the Crimean Peninsula

В целом на территории Крымского полуострова показатель глубины расчленения рельефа распределён неоднородно. Рассмотрим более детально значения глубины расчленения рельефа для ландшафтных уровней Крымского полуострова.

Согласно представлениям Г.Е. Гришанкова [1972], на территории Крымского полуострова выделяются гидроморфный, плакорный, низкогорный и среднегорный ландшафтные уровни (рис. 2). Ландшафтные уровни — это «планетарные геоморфологические образования, относительно однородные по характеру рельефа и грунтового увлажнения, но отличающиеся своеобразием проявления географической зональности» [Гришанков, 1972, с. 164].

В пределах гидроморфного ландшафтного уровня преобладают диапазоны значений глубины расчленения рельефа от 5 до 10 м на км² (46,22 % от площади ландшафтного уровня) и 10 до 25 м на км² (32,73 % от площади ландшафтного уровня). В пределах плакорного ландшафтного уровня 56,10 % от площади ландшафтного уровня приходится на значения от 10 до 25 м на км². В пределах низкогорного ландшафтного уровня 25,66 % от площади ландшафтного уровня приходится на значения от 25 до 50 м на км², 24,81 % — на значения от 10 до 25 м на км². В пределах среднегорного ландшафтного уровня 58,03 % от площади ландшафтного уровня приходится на значения от 100 до 250 м на км² (табл. 2).

Согласно представлениям М.Д. Гродзинского [2014], с использованием концепции экологической ниши представляется возможным оценить воздействие любого внешнего фактора среды на формирование ландшафтов той или иной территории. Рассмотрим влияние показателя глубины расчленения рельефа территории на формирование её ландшафтов. Концепция исходит из предположения, что, если значения показателя глубины расчленения рельефа выступают ведущим фактором, под влиянием которого формируются и существуют ландшафтные уровни, то их экологические ниши должны разграничиваться или

незначительно пересекаться. Вышеописанные диапазоны значений выступают в виде факторных амплитуд диапазона условий существования ландшафтных уровней. Для каждого ландшафтного уровня была произведена статистическая оценка диапазона значений (табл. 3). В пределах гидроморфного ландшафтного уровня объём выборки составил 9875, плакорного — 9219, низкогогорного — 6694, среднегорного — 2891 точек.

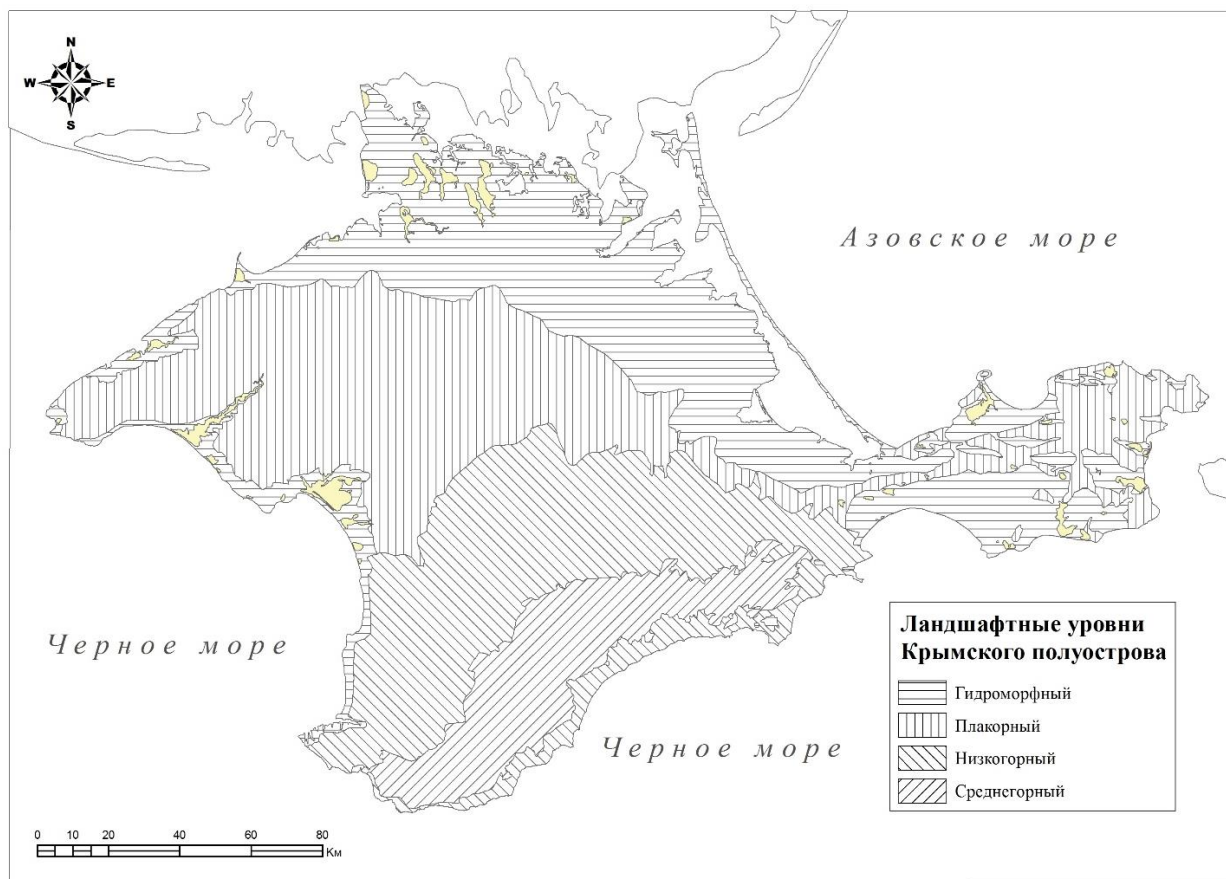


Рис. 2. Ландшафтные уровни Крымского полуострова, оцифровка [Табунщик, Петлюкова, 2019]

Fig. 2. Landscape levels of the Crimean Peninsula digitization [Tabunshchik, Petlyukova, 2019]

Табл. 2. Глубина расчленения рельефа по ландшафтным уровням Крымского полуострова
Table 2. Depth of the relief dissection in landscape levels of the Crimean Peninsula

Густота расчленения, м на км ²	Ландшафтный уровень			
	гидроморфный	плакорный	низкогогорный	среднегорный
	% от общей площади уровня			
до 5	13,99	1,08	0,26	0,04
5–10	46,22	27,31	7,28	–
10–25	32,73	56,10	24,81	0,34
25–50	5,37	11,81	25,66	3,42
50–100	1,55	3,48	18,55	13,81
100–250	0,13	0,22	20,04	58,03
250–500	0,01	–	3,30	22,65
более 500	–	–	0,11	1,71

Табл. 3. Основные статистические показатели ландшафтных уровней
Крымского полуострова
Table 3. Main statistical indicators of landscape levels
of the Crimean Peninsula

Густота расчленения, м на км ²	Ландшафтный уровень			
	гидроморфный	плакорный	низкогорный	среднегорный
Среднее	12	17	70	193
Стандартная ошибка	0,1	0,1	0,9	2,0
Медиана	8	13	40	163
Мода	6	11	12	141
Ст. отклонение	10,2	13,8	71,0	108,8
Дисперсия	104	189	5 034	11 827
Эксцесс	24	13	5	2
Асимметричность	4	3	2	1
Минимум-максимум без учёта выбросов	0–23	0–31	0–206	0–431
Нижний квартиль — верхний квартиль (25–75 %)	6–13	9–18	19–94	106–236

Значения показателя глубины расчленения рельефа колеблются в пределах гидроморфного уровня от 0 до 288 м на км², плакорного — от 0 до 157 м на км², низкогорного — от 0 до 750 м на км², среднегорного — от 3 до 790 м на км². Средние значения показателя глубины расчленения рельефа составляют в пределах гидроморфного уровня 12 м на км², плакорного — 17 м на км², низкогорного — 70 м на км², среднегорного — 193 м на км².

Таким образом, амплитуды значений по фактору «Глубина расчленения рельефа, м» значительно перекрываются, что свидетельствует о том, что рассматриваемый фактор не является ведущим в формировании ландшафтных уровней Крымского полуострова.

ВЫВОДЫ

1. На территории Крымского полуострова показатель глубины расчленения рельефа колеблется от 0 до 790 м на км². Среднее значение показателя составляет 46 м на км².

2. По территории Крымского полуострова показатель глубины расчленения рельефа распределён неравномерно. В пределах гидроморфного ландшафтного уровня он достигает 288 м на км², плакорного — 157 м на км², низкогорного — 750 м на км², среднегорного — 790 м на км². Средние значения составляют соответственно 12 м на км² в пределах гидроморфного, 17 м на км² — плакорного, 70 м на км² — низкогорного и 193 м на км² — среднегорного ландшафтных уровней.

3. Показатель глубины расчленения рельефа не относится к ведущим факторам формирования ландшафтной неоднородности Крымского полуострова, о чём свидетельствует значительное перекрытие экологических ниш ландшафтных уровней в пространстве фактора «Глубина расчленения рельефа, м».

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках темы НИР «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Регистрационный номер: АААА-А19-119061190081-9».

ACKNOWLEDGEMENTS

The work presented in this paper was carried out in the framework of RF state task according to plan of scientific research of the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (“Studying the spatio-temporal organization of water and land ecosystems with the aim of developing an operational monitoring system based on remote sensing data and GIS technologies”. Registration number AAAA-A19-119061190081-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анисимов В.И.* Морфометрический анализ рельефа. Сочи: СГУТиКД, 1999. 321 с.
2. *Антипцева Ю.О., Думит Ж.А.* Морфометрический анализ рельефа с использованием ГИС-технологий при оценке рекреационного потенциала Лагонакского нагорья (Северо-Западный Кавказ). Геоморфология, 2009. № 1. С. 45–50.
3. *Атаев З.В., Братков В.В.* Применение морфометрического анализа рельефа для выделения горно-равнинных ландшафтов-экотонов (на примере Северо-Восточного Кавказа). Юг России: экология, развитие, 2012. № 2. С. 87–93.
4. *Братков В.В., Атаев З.В., Алсабекова А.А., Сулумов С.Х.* Эрозионное расчленение рельефа Северо-Восточного Кавказа как фактор рекреационного освоения территории. Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 2011. № 4. С. 99–103.
5. *Волков Н.М.* Принципы и методы картометрии. М.–Л.: Издательство Академии наук СССР, 1950. 328 с.
6. *Гришанков Г.Е.* Ландшафтные уровни материков и географическая зональность. Известия Академии наук СССР. Серия географическая, 1972. № 4. С. 3–18.
7. *Гродзинський М.Д.* Ландшафтна екологія. Київ: Знання, 2014. 550 с.
8. *Клюкин А.А.* Экзогеодинамика Крыма. Симферополь: Таврия, 2007. 320 с.
9. *Курлович Д.В.* Морфометрический ГИС-анализ рельефа Беларуси. Земля Беларуси, 2013. № 4. С. 42–48.
10. *Лысова В.Ф.* Сравнительный анализ вертикальной и горизонтальной расчленённости рельефа бассейна Малой Визинги. Вестник Коми государственного педагогического института, 2012. № 10. С. 117–124.
11. *Мехбалиев М.М.* Прикладное морфометрическое исследование глубины расчленения склонов горных геоморфосистем Большого Кавказа (в пределах Азербайджана). Академический журнал Западной Сибири, 2015. Т. 11. № 3 (58). С. 79–82.
12. *Михайлов В.А.* Комплексный морфометрический анализ Тарханкутского полуострова с помощью ГИС. Современные научные исследования и инновации, 2015. № 2–4 (46). С. 5–13.
13. *Мунтян А.Н.* Изучение влияния горизонтальной и вертикальной расчлененности территории и уклонов местности на эрозионную опасность Приднестровья. Вестник Приднестровского университета. Серия: Медико-биологические и химические науки, 2015. № 2 (50). С. 134–138.
14. *Орехова Г.А., Новых Л.Л.* Природное разнообразие родников верховий бассейнов рек Северский Донец и Ворскла. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки, 2017. Т. 40. № 18 (267). С. 131–139.
15. *Пириев Р.Х.* Методы морфометрического анализа рельефа (на примере территории Азербайджана). Баку: Элм, 1983. 119 с.
16. *Погорелов А.В., Думит Ж.А.* Рельеф бассейна р. Кубани (морфологический анализ). М.: ГЕОС, 2009. 220 с.
17. *Позаченюк Е.А., Петлюкова Е.А.* ГИС-анализ морфометрических показателей рельефа Центрального Предгорья Главной гряды Крымских гор для целей ландшафтного планирования. Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология, 2016. Т. 2 (68). № 2. С. 96–113.

18. *Спиридонов А.И.* Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картирования. М.: Высшая школа, 1970. 456 с.
19. *Табунщик В.А., Петлюкова Е.А.* Густота расчленения рельефа на территории Крымского полуострова. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки, 2019. № 1 (201). С. 95–100.
20. *Халилов Г.А., Абушова С.Н.* Морфометрический метод экогеоморфологической оценки рельефа Азербайджанской республики (на примере междуречья Храми-Зайам). Географический вестник, 2014. № 4 (31). С. 17–21.
21. *Florinsky I.V.* Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2016. 486 p.

REFERENCES

1. *Anisimov V.I.* Morphometric analysis of the relief. Sochi: SSUTRB (Sochi State University of Tourism and Resort Business), 1999. 321 p. (in Russian).
2. *Antiptseva Yu.O., Dumit Zh.A.* GIS-based morphometric analysis for the assessment of the recreational potential of Lagonak highland. Geomorphologiya, 2009. No 1. P. 45–50 (in Russian).
3. *Atayev Z.V., Bratkov V.V.* The use of morphometric analysis to highlight the relief of mountain-lowland landscapes-ecotones (on the example of the North-Eastern Caucasus). South of Russia: ecology, development, 2012. No 2. P. 87–93 (in Russian).
4. *Bratkov V.V., Atayev Z.V., Alsabekova A.A., Sulumov S.Kh.* Erosional dismemberment of the relief of the northeastern Caucasus as a factor in the recreational development of the territory. News of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences, 2011. No 4. P. 99–103 (in Russian).
5. *Florinsky I.V.* Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2016. 486 p.
6. *Grishankov G.Ye.* Landscapes of continents and geographical zoning. Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Geograficheskaya, 1972. No 4. P. 3–18 (in Russian).
7. *Grodzinsky M.D.* Landscape ecology. Kiev: Znann'ia, 2014. 550 p. (in Ukrainian).
8. *Khalilov G.A., Abushova S.N.* Morphometric method of ecogeomorphological estimation of the relief of the Republic of Azerbaijan (on the example of the interfluvium Khrami-Zayam). Geographical Bulletin, 2014. No 4 (31). P. 17–21 (in Russian).
9. *Klyukin A.A.* Exogeodynamics of the Crimea. Simferopol: Tavriya, 2007. 320 p. (in Russian).
10. *Kurlovich D.V.* Morphometric GIS analysis of the relief of Belarus. Land of Belarus, 2013. No 4. P. 42–48 (in Russian).
11. *Lysova V.F.* Comparative analysis of the vertical and horizontal dismemberment of the relief of the Malaya Vizingua basin. Bulletin of the Komi State Pedagogical Institute, 2012. No 10. P. 117–124 (in Russian).
12. *Mekhbaliyev M.M.* Applied morphometric study of the depth of the dismemberment of the slopes of the mountain geomorphic systems of the Greater Caucasus (within Azerbaijan). Academic Journal of West Siberia, 2015. V. 11. No 3 (58). P. 79–82 (in Russian).
13. *Mikhaylov V.A.* Complex morphometric analysis of the Tarkhankut peninsula with the help of GIS. Modern scientific researches and innovations, 2015. No 2–4 (46). P. 5–13 (in Russian).
14. *Muntyan A.N.* Study of the influence of horizontal and vertical dismemberment of terrain and deviations of the terrain on the erosion hazard of Transdnestr. Bulletin of the Transnistrian University. Series: Biomedical and Chemical Sciences, 2015. No 2 (50). P. 134–138 (in Russian).
15. *Orekhova G.A., Novykh L.L.* Natural diversity of the springs in the upper basins of the Seversky Donets and Vorskla Rivers. Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural sciences, 2017. V. 40. No 18 (267). P. 131–139 (in Russian).
16. *Piriyev R.Kh.* Methods of morphometric analysis of the relief (on the example of the territory of Azerbaijan). Baku: Elm, 1983. 119 p. (in Russian).

17. *Pogorelov A.V., Dumit Zh.A.* Relief of the basin of the river Kuban (morphological analysis). Moscow: GEOS, 2009. 220 p. (in Russian).
 18. *Pozachenyuk Ye.A., Petlyukova Ye.A.* GIS-analysis of morphometric indices of the relief of the Central Foothills of the Main Ridge of the Crimean Mountains for the purposes of landscape planning. Scientific notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology, 2016. V. 2 (68). No 2. P. 96–113 (in Russian).
 19. *Spiridonov A.I.* Fundamentals of the general methodology of field geomorphological studies and geomorphological mapping. Moscow: Higher school, 1970. 456 p. (in Russian).
 20. *Tabunshchik V.A., Petlyukova Ye.A.* Density of the relief dissection on the territory of the Crimean Peninsula. Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Natural science, 2019. No 1 (201). P. 95–100 (in Russian).
 21. *Volkov N.M.* Principles and methods of cartometry. Moscow–Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1950. 328 p. (in Russian).
-